

Γεωργικός Πειραματισμός (Κωδ. 3515)

Βασικές Στατιστικές Μέθοδοι και Εργαλεία Ανάλυσης Δεδομένων

2. Ανάλυση Διακύμανσης

Σύντομη ανασκόπηση βασικών εννοιών, προτάσεων και τύπων

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I κατά σύγκριση και κατά πείραμα	Η πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης σε έναν τουλάχιστον από c ελέγχους (δηλαδή, η πιθανότητα σε c ελέγχους να συμβεί τουλάχιστον μια φορά σφάλμα Τύπου I) ονομάζεται πιθανότητα σφάλματος τύπου I κατά πείραμα και συμβολίζεται με α_{PE} . Το επίπεδο σημαντικότητας καθενός από τους c ελέγχους ονομάζεται πιθανότητα σφάλματος τύπου I κατά σύγκριση και συμβολίζεται με α_{PC} .
Η βασική ιδέα τις ανάλυσης διακύμανσης	Οι διαφορές στους δειγματικούς μέσους (στους μέσους των επεμβάσεων) κρίνονται στατιστικά σημαντικές ή όχι, σε σχέση με τις μεταβλητότητες (διακυμάνσεις) εντός των δειγμάτων.
Πολλαπλές συγκρίσεις-Πώς θα επιλέξουμε τον κατάλληλο έλεγχο μεταξύ των: LSD, Tukey, SNK, Duncan, Dunnett, Dunn, Scheffe	<p>Για να επιλέξουμε τον κατάλληλο έλεγχο πρέπει πρώτα να αποφασίσουμε αν θέλουμε να κάνουμε όλες τις ανά δύο συγκρίσεις ή μόνο κάποιες συγκεκριμένες. Στις περιπτώσεις που ενδιαφερόμαστε μόνο για κάποιες συγκεκριμένες συγκρίσεις πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ των ελέγχων <i>Dunnnett</i> και <i>Scheffe</i> (κατά περίπτωση). Πρέπει επίσης να σταθμίσουμε τη σημασία των <i>σφαλμάτων τύπου I</i> και <i>τύπου II</i> στη συγκεκριμένη έρευνα. Δηλαδή, αν πρέπει να «προστατευθούμε» περισσότερο από <i>σφάλματα τύπου I</i> ή από <i>σφάλματα τύπου II</i>, αν μας ενδιαφέρει ο έλεγχος της <i>πιθανότητας σφάλματος τύπου I</i> κατά πείραμα, α_{PE}, ή/και της <i>πιθανότητας σφάλματος τύπου I</i> κατά σύγκριση, α_{PC}. Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα εξαρτάται από το συγκεκριμένο κάθε φορά ερευνητικό πρόβλημα αλλά και από την γενικότερη αντίληψη/άποψη του ερευνητή για τη σημασία και τη βαρύτητα των διαφόρων τύπων σφαλμάτων σε μια έρευνα. Αν αποφασίσουμε ότι το <i>κατά πείραμα σφάλμα τύπου I</i> μας ενδιαφέρει, τότε πρέπει να αποκλείσουμε από τις επιλογές μας τον έλεγχο <i>LSD</i> και να επιλέξουμε μεταξύ των ελέγχων <i>Tukey</i>, <i>Scheffe</i>, <i>Duncan</i>, <i>SNK</i> και <i>Dunn</i>. Το βασικό στοιχείο που πρέπει, στο σημείο αυτό, να λάβουμε υπόψη μας είναι ο τρόπος που ο κάθε έλεγχος χειρίζεται την προστασία από το <i>σφάλμα τύπου I</i> κατά πείραμα γιατί ουσιαστικά, με βάση αυτόν διαφοροποιούνται. Υπενθυμίζουμε ότι ο έλεγχος <i>Scheffe</i>, όταν χρησιμοποιείται για όλες τις ανά δύο συγκρίσεις είναι πολύ συντηρητικός, δηλαδή, παρέχει τη μικρότερη προστασία από <i>σφάλματα τύπου II</i> κάτι το οποίο συμβαίνει και με τον έλεγχο <i>Dunn</i> όταν ο αριθμός των συγκρίσεων δεν είναι μικρός. Από τους ελέγχους, <i>Tukey</i>, <i>Duncan</i> και <i>SNK</i> ο πλέον συντηρητικός είναι ο <i>Tukey</i> αλλά παρέχει μεγαλύτερη προστασία από <i>σφάλμα τύπου I</i> κατά πείραμα ενώ οι <i>Duncan</i> και <i>SNK</i> τείνουν να αναδεικνύουν περισσότερες σημαντικές διαφορές γιατί χειρίζονται το <i>σφάλμα τύπου I</i> κατά πείραμα με άλλον τρόπο («διαβαθμίζουν» την προστασία).</p> <p>Στη βιβλιογραφία ασφαλώς δεν υπάρχουν τυποποιημένα και απόλυτα κριτήρια ή αυστηρά οριοθετημένες περιπτώσεις για το ποιος ή ποιοί έλεγχοι είναι οι καταλληλότεροι. Η απόφαση ανήκει στον ερευνητή και πρέπει να είναι αιτιολογημένη. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να έχει κατανοήσει τη λογική και τα βασικά, τουλάχιστον, χαρακτηριστικά κάθε ελέγχου.</p>
Υποθέσεις για την εφαρμογή ελέγχων ανάλυσης διακύμανσης	<ol style="list-style-type: none"> 1. Οι πληθυσμοί από τους οποίους προέρχονται τα δείγματα είναι κανονικοί με κοινή διακύμανση. 2. Οι υποθέσεις που κατά περίπτωση αφορούν τον τρόπο λήψης των παρατηρήσεων, δηλαδή, το πειραματικό σχέδιο.
Αλληλεπίδραση δύο παραγόντων	Η επίδραση του ενός παράγοντα εξαρτάται από τη στάθμη του άλλου, ή αλλιώς, η επίδραση του ενός παράγοντα διαφοροποιείται ανάλογα με τη στάθμη του άλλου. Δηλαδή, η αλληλεπίδραση εκφράζει την επίδραση του ενός παράγοντα στη συμπεριφορά του άλλου. Αν δεν υπάρχει αλληλεπίδραση, οι δύο παράγοντες συμπεριφέρονται ανεξάρτητα και επιδρούν προσθετικά/ανεξάρτητα

1. Έλεγχος ανάλυσης διακύμανσης στο εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο (με έναν παράγοντα)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \text{ ή ο παράγοντας δεν επιδρά}$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ για ένα τουλάχιστον ζεύγος } (i, j) \text{ ή ο παράγοντας επιδρά}$$

Ο Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο (με έναν παράγοντα)					
Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F	Περιοχή απόρριψης
Επεμβάσεις ή Παράγοντας ή μεταξύ των δειγμάτων	$k-1$	$SSTr = \sum_j v_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2 = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{v_j} - \frac{G^2}{v}$	$MSTr = \frac{SSTr}{k-1}$	$F_{Tr} = \frac{MSTr}{MSE}$	$F_{Tr} \geq F_{k-1; v-k; \alpha}$
Σφάλμα ή εντός των δειγμάτων	$v-k$	$SSE = \sum_{ji} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 = \sum_{ji} y_{ij}^2 - \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{v_j}$	$MSE = \frac{SSE}{v-k}$		
Ολική	$v-1$	$SSTot = \sum_{ji} (y_{ij} - \bar{y})^2 = \sum_{ji} y_{ij}^2 - \frac{G^2}{v}$			

$$T_j, j=1, 2, \dots, k \text{ το άθροισμα των παρατηρήσεων του } j \text{ δείγματος και } G = \sum_{ji} y_{ij} = \sum_{j=1}^k T_j$$

2. Έλεγχος ανάλυσης διακύμανσης στο σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \text{ ή ο παράγοντας δεν επιδρά}$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ για ένα τουλάχιστον ζεύγος } (i, j) \text{ ή ο παράγοντας επιδρά}$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_b \text{ ή οι ομάδες δεν επιδρούν}$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ για ένα τουλάχιστον ζεύγος } (i, j) \text{ ή οι ομάδες επιδρούν}$$

Ο Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για το σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων					
Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F	Περιοχή απόρριψης
Επεμβάσεις ή Παράγοντας ή μεταξύ των δειγμάτων	$k-1$	$SSTr$	$MSTr = \frac{SSTr}{k-1}$	$F_{Tr} = \frac{MSTr}{MSE}$	$F_{Tr} \geq F_{k-1; (b-1)(k-1); \alpha}$
Ομάδες	$b-1$	SSB	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F_B = \frac{MSB}{MSE}$	$F_B \geq F_{b-1; (b-1)(k-1); \alpha}$
Σφάλμα ή εντός των δειγμάτων	$(b-1)(k-1)$	SSE	$MSE = \frac{SSE}{(b-1)(k-1)}$		
Ολική	$kb-1$	$SSTot$			

3. Έλεγχος ανάλυσης διακύμανσης σε ένα $a \times b$ παραγοντικό πείραμα

με $r > 1$ παρατηρήσεις ανά επέμβαση

$$H_{0a} : \text{ο παράγοντας A δεν επιδρά} \quad H_{0b} : \text{ο παράγοντας B δεν επιδρά} \quad H_{0\gamma} : \text{οι παράγοντες A, B δεν αλληλεπιδρούν}$$

$$H_{1a} : \text{ο παράγοντας A επιδρά} \quad H_{1b} : \text{ο παράγοντας B επιδρά} \quad H_{1\gamma} : \text{οι παράγοντες A, B αλληλεπιδρούν}$$

Ο Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για το $a \times b$ παραγοντικό πείραμα με $r > 1$ παρατηρήσεις ανά επέμβαση					
Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F	Περιοχή απόρριψης
Παράγοντας A	$a-1$	SSA	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$F_A = \frac{MSA}{MSE}$	$F_A \geq F_{a-1; ab(r-1); \alpha}$
Παράγοντας B	$b-1$	SSB	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F_B = \frac{MSB}{MSE}$	$F_B \geq F_{b-1; ab(r-1); \alpha}$
Αλληλεπίδραση AB	$(a-1)(b-1)$	$SS(AB)$	$MS(AB) = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$F_{AB} = \frac{MS(AB)}{MSE}$	$F_{AB} \geq F_{(a-1)(b-1); ab(r-1); \alpha}$
Σφάλμα	$ab(r-1)$	SSE	$MSE = \frac{SSE}{ab(r-1)}$		
Ολική	$abr-1$	$SSTot$			

Προβλήματα και Ασκήσεις

1. Για τη μελέτη της επίδρασης των εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του εντόμου *brown plantfopper* στην απόδοση καλλιεργειών ρυζιού, έγινε ένα πείραμα σε 28 πειραματικά τεμάχια, σύμφωνα με το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 6 διαφορετικά εντομοκτόνα και καθένα εφαρμόστηκε σε 4 τυχαία επιλεγμένα πειραματικά τεμάχια. Επίσης, τέσσερα πειραματικά τεμάχια χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες (δεν χρησιμοποιήθηκε εντομοκτόνο). Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι αποδόσεις σε Kg/ha (K.A. Gomez & A.A. Gomez, 1984).

Εντομοκτόνο	Dol-Mix (1 Kg)	2537	2069	2104	1797
	Dol-Mix (2 Kg)	3366	2591	2211	2544
	DDT+γ-BHC	2536	2459	2827	2385
	Azordin	2387	2453	1556	2116
	Dimecron-Boom	1997	1679	1649	1859
	Dimecron-Knap	1796	1704	1904	1320
	Control	1401	1516	1270	1077

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δίνουν αυτά τα πειραματικά δεδομένα αποδείξεις ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην απόδοση ρυζιού που οφείλεται στο είδος εντομοκτόνου;

2. Μια ερευνητική ομάδα μελέτησε την ανάπτυξη της βλάστησης σε τέσσερις ελώδεις περιοχές της χώρας στις οποίες δεν είχε γίνει ανθρώπινη παρέμβαση (καλλιέργειες, προσχώσεις, κτλ.). Ειδικότερα, μια προκαθορισμένη ημέρα του Μαΐου η ερευνητική ομάδα επέλεξε τυχαία 6 φυτά ενός συγκεκριμένου είδους από κάθε περιοχή και μέτρησε το μήκος των φύλλων κάθε φυτού (σε cm). Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται για κάθε φυτό το μέσο μήκος είκοσι τυχαία επιλεγμένων φύλλων του.

Περιοχή	Π1	5.7	6.3	6.1	6.0	5.8	6.2
	Π2	6.2	5.3	5.7	6.0	5.2	5.5
	Π3	5.4	5.0	6.0	5.6	4.9	5.2
	Π4	3.7	3.2	3.9	4.0	3.5	3.6

α) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δίνουν αυτά τα δεδομένα αποδείξεις ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο μήκος των φύλλων των φυτών του συγκεκριμένου είδους μεταξύ των τεσσάρων περιοχών; β) Εξηγήστε τι έλεγχο, γιατί και με ποιες παραδοχές κάνατε για να απαντήσετε στο ερώτημα (α); γ) Ποια παραδοχή από αυτές που χρειάστηκε να κάνατε για να απαντήσετε στο ερώτημα (α) είναι εύλογο να θεωρήσετε ότι πράγματι ισχύει.

3. Για τη σύγκριση της απόδοσης 7 ποικιλιών πατάτας έγινε ένα πείραμα σε 35 πειραματικά τεμάχια με εφαρμογή του σχεδίου των τυχαίοποιημένων πλήρων ομάδων και πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν 5 πλήρεις ομάδες των 7 πειραματικών τεμαχίων η καθεμία. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι αποδόσεις σε Kg ανά πειραματικό τεμάχιο κάθε ομάδας.

Ποικιλία	Ομάδα					
		O1	O2	O3	O4	O5
	Π1	10	10	15	14	17
	Π2	9	10	13	15	14
	Π3	11	12	10	13	16
	Π4	10	11	12	14	13
	Π5	12	11	13	16	15
	Π6	15	12	14	17	19
Π7	11	12	13	15	18	

α) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δίνουν αυτά τα πειραματικά δεδομένα αποδείξεις ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση απόδοση των

επτά ποικιλιών πατάτας; β) Εξηγήστε τι έλεγχο, γιατί και με ποιες παραδοχές κάνατε για να απαντήσετε στο ερώτημα (α);

4. Αν στην ανάλυση των δεδομένων της Άσκησης 3 αγνοήσουμε την ύπαρξη των ομάδων και θεωρήσουμε ότι τα πειραματικά δεδομένα για τη σύγκριση της απόδοσης των 7 ποικιλιών πατάτας συγκεντρώθηκαν με εφαρμογή του εντελώς τυχαιοποιημένου σχεδίου, τι αλλάζει στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων;

Ποικιλία	Π1	10	10	15	14	17
	Π2	9	10	13	15	14
	Π3	11	12	10	13	16
	Π4	10	11	12	14	13
	Π5	12	11	13	16	15
	Π6	15	12	14	17	19
	Π7	11	12	13	15	18

Το συμπέρασμα διαφοροποιείται συγκριτικά με αυτό της Άσκησης 3; Εξηγήστε.

5. Ένας ερευνητής προκειμένου να συγκρίνει τρία σιτηρέσια εκτροφής κοτόπουλων (Σ1, Σ2 και Σ3), σχεδίασε και εκτέλεσε το εξής πείραμα. Επέλεξε 15 νεογέννητα κοτόπουλα και με μια τυχαία διαδικασία αντιστόιχησε σε 5 από αυτά το σιτηρέσιο Σ1, σε 5 άλλα το σιτηρέσιο Σ2 και σε 5 άλλα το σιτηρέσιο Σ3. Δημιούργησε έτσι τρεις ομάδες των πέντε κοτόπουλων η κάθε μία. Αφού χορήγησε στα κοτόπουλα κάθε ομάδας το αντίστοιχο σιτηρέσιο (για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα από τη γέννησή τους), μέτρησε το (μικτό) βάρος τους (σε kg). Οι μετρήσεις που πήρε δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Σιτηρέσιο	Σ1	2.65	2.31	2.61	2.09	2.39
	Σ2	1.83	2.46	2.54	1.72	1.98
	Σ3	2.50	2.24	2.72	2.31	2.65

α) Τι τύπου πειραματικό σχέδιο επέλεξε να εφαρμόσει ο ερευνητής; β) Με βάση αυτά τα πειραματικά δεδομένα και σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση αύξηση του βάρους των κοτόπουλων που να οφείλονται στα τρία σιτηρέσια; γ) Ποιες παραδοχές χρειάστηκε να κάνετε για να απαντήσετε στο ερώτημα (β);

6. Ο Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.) θέλει να ελέγξει αν οι εκτιμήσεις των ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες που κάνουν οι τρεις γεωπόνοι (Γ1, Γ2 και Γ3) που χρησιμοποιεί ως εκτιμητές στο νομό Λάρισας, διαφέρουν μεταξύ τους. Για το σκοπό αυτό, επέλεξε από το νομό Λάρισας τέσσερις διαφορετικές καλλιέργειες (Κ1, Κ2, Κ3 και Κ4) που υπέστησαν ζημιά από δυσμενή καιρικά φαινόμενα και ζήτησε από τους τρεις εκτιμητές να εκτιμήσουν, ο καθένας ανεξάρτητα από τους άλλους, τη ζημιά σε κάθε μία από τις τέσσερις καλλιέργειες. Οι εκτιμήσεις που έκαναν οι τρεις γεωπόνοι/εκτιμητές (σε €/στρέμμα) δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Εκτιμητής	Καλλιέργεια				
		Κ1	Κ2	Κ3	Κ4
	Γ1	169	182	185	173
	Γ2	184	193	191	189
	Γ3	173	187	180	190

α) Εξηγήστε τι τύπου πειραματικό σχέδιο επέλεξε να εφαρμόσει ο ΕΛ.Γ.Α. β) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μέσες εκτιμήσεις των ζημιών μεταξύ των τριών γεωπόνων/εκτιμητών; γ) Από το αποτέλεσμα της ανάλυσης που κάνατε, κρίνετε ότι επιβεβαιώθηκε η σχεδιαστική επιλογή του ΕΛ.Γ.Α. ή μήπως όχι;

7. Ένας ερευνητής προκειμένου να μελετήσει την επίδραση της θερμοκρασίας και του pH στην εκατοστιαία απόδοση μιας χημικής αντίδρασης, καθόρισε 4 επίπεδα

θερμοκρασίας και 3 επίπεδα pH και πήρε τρεις παρατηρήσεις ανά επέμβαση. Τα σχετικά αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Θερμοκρασία (^o C)	pH								
	5			6			7		
	25	28	25	25	28	30	30	32	38
30	31	30	32	33	37	35	33	38	35
35	34	35	32	37	43	41	30	35	38
40	34	38	35	30	34	35	34	36	39

α) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα πειραματικά δεδομένα ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην εκατοστιαία απόδοση της χημικής αντίδρασης που να οφείλεται i) στην αλληλεπίδραση θερμοκρασίας και pH ii) στη θερμοκρασία iii) στο pH; β) Ποιες παραδοχές χρειάστηκε να κάνετε;

8. Ένας ερευνητής, για να μελετήσει πώς επηρεάζεται η βλάστηση των φασολιών από το είδος μυκητοκτόνων που χρησιμοποιούνται και την ποικιλία των φασολιών, σχεδίασε ένα 3x3 παραγοντικό πείραμα (εντελώς τυχαιοποιημένο) με τέσσερις επαναλήψεις για κάθε συνδυασμό μυκητοκτόνου-ποικιλίας. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι μετρήσεις που πήρε ο ερευνητής μετά την εκτέλεση του πειράματος (ως ποσοστό βλάστησης, %).

Ποικιλία	Μυκητοκτόνο					
	M1		M2		M3	
	A	78	62	82	78	92
B	65	70	72	68	85	79
Γ	81	78	87	83	94	90
	75	85	82	85	89	95

α) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα πειραματικά δεδομένα ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη βλάστηση των φασολιών που να οφείλεται i) στην αλληλεπίδραση ποικιλίας και είδους μυκητοκτόνου ii) στην ποικιλία iii) στο είδος μυκητοκτόνου. β) Ποιες παραδοχές χρειάστηκε να κάνετε.

9. Να συμπληρώσετε τον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης που ακολουθεί.

Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F
Επεμβάσεις	4	?	?	6.40
Σφάλμα	?	?	10.60	
Ολική	?	377.36		

Ο παράγοντας του οποίου η επίδραση μελετάται, είναι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στατιστικά σημαντικός;

10. Ο πίνακας ανάλυσης διακύμανσης που ακολουθεί προέκυψε από τις παρατηρήσεις που πήραμε από ένα πείραμα που έγινε με το σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F
Επεμβάσεις	4	14.2	?	?
Ομάδες	?	18.9	?	?
Σφάλμα	24	?	?	
Ολική	34	41.9		

α) Πόσες ομάδες δημιουργήθηκαν; β) Πόσες παρατηρήσεις ελήφθησαν για κάθε στάθμη των επεμβάσεων; γ) Πόσες παρατηρήσεις ελήφθησαν από κάθε ομάδα; δ) Να συμπληρώσετε τον πίνακα. ε) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%,

υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων; Μεταξύ των μέσων των ομάδων;

11. Να συμπληρώσετε τον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης που ακολουθεί.

Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F
Παράγοντας	3	36,15	?	?
Σφάλμα	?	?	?	
Ολική	19	196,04		

Ο παράγοντας του οποίου η επίδραση μελετάται, είναι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στατιστικά σημαντικός;

12. Να συμπληρώσετε τον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης που ακολουθεί.

Πηγή μεταβλητότητας	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων SS	Μέσο άθροισμα τετραγώνων MS	Κριτήριο F
Παράγοντας	?	?	246.93	?
Σφάλμα	?	186.53	?	
Ολική	29	1174.21		

Ο παράγοντας του οποίου η επίδραση μελετάται, είναι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στατιστικά σημαντικός;

13. Αναλύσαμε τα πειραματικά δεδομένα που δίνονται στην Άσκηση 1 με ένα στατιστικό πακέτο και μεταξύ άλλων πήραμε τα παρακάτω *outputs*. Με βάση αυτά τα *outputs*, τι συμπεράσματα προκύπτουν από το συγκεκριμένο πείραμα;

ANOVA Table for rice by insecticides

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5,58717E6	6	931196,0	9,83	0,0000
Within groups	1,99024E6	21	94773,2		
Total (Corr.)	7,57741E6	27			

Multiple Range Tests for rice by insecticides

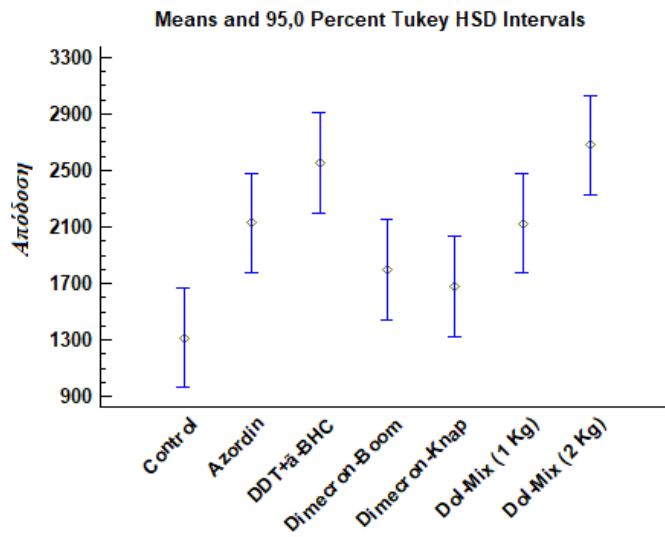
Method: 95,0 percent LSD

<i>insecticides</i>	Count	Mean	Homogeneous Groups
Control	4	1316,0	X
Dimecron-Knap	4	1681,0	XX
Dimecron-Boom	4	1796,0	X
Dol-Mix (1 Kg)	4	2126,75	XX
Azordin	4	2128,0	XX
DDT+γ-BHC	4	2551,75	XX
Dol-Mix (2 Kg)	4	2678,0	X

Multiple Range Tests for rice by insecticides

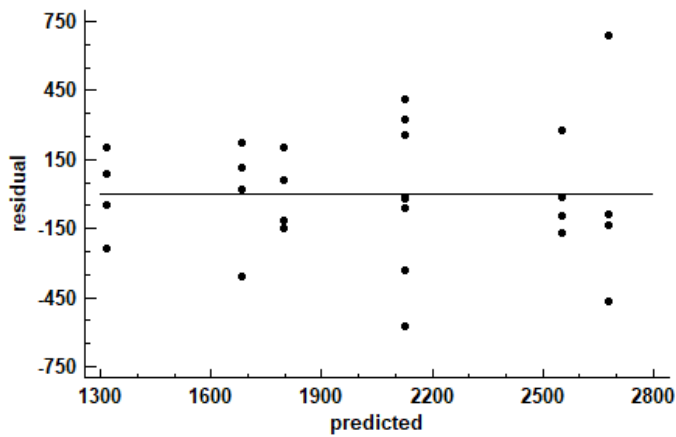
Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>insecticides</i>	Count	Mean	Homogeneous Groups
Control	4	1316,0	X
Dimecron-Knap	4	1681,0	XX
Dimecron-Boom	4	1796,0	XX
Dol-Mix (1 Kg)	4	2126,75	XX
Azordin	4	2128,0	XX
DDT+γ-BHC	4	2551,75	X
Dol-Mix (2 Kg)	4	2678,0	X



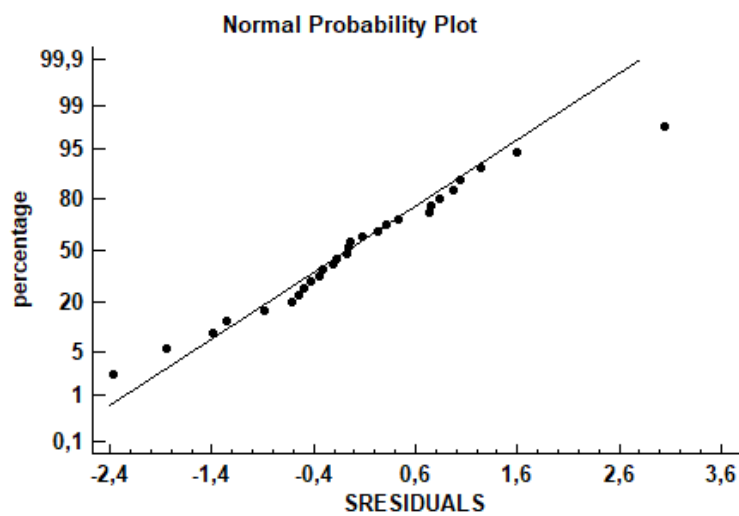
Variance Check

	Test	P-Value
Levene's	0,888057	0,5210

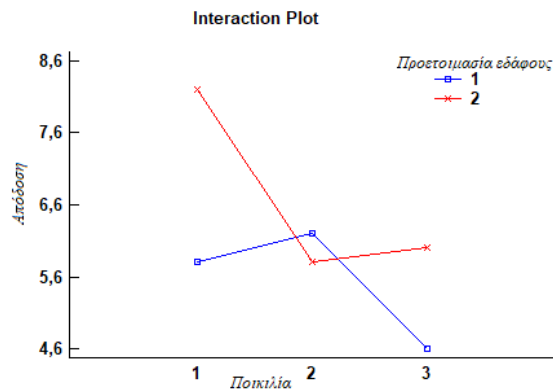


Tests for Normality for SRESIDUALS

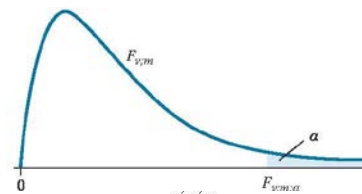
Test	Statistic	P-Value
Shapiro-Wilk W	0,974656	0,730599



14. Με ένα στατιστικό πακέτο αναλύσαμε τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν από ένα 3x2 παραγοντικό πείραμα. Μεταξύ άλλων, κατασκευάσαμε και το διάγραμμα αλληλεπίδρασης που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Πώς αντιλαμβάνεστε/ερμηνεύετε αυτό το διάγραμμα;



Άνω α-ποσοστιαία σημεία της κατανομής F



$\alpha = 0.05$

$\nu =$ βαθμοί ελευθερίας για τον αριθμητή

$m \backslash \nu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161	200	210	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00